L'APPAREIL URINAIRE

Généralités

L'appareil urinaire correspond à une succession d'organes rétro et sous péritonéaux qui sont: les 2 reins, les 2 uretères, la vessie et l'urètre.

Sur le plan anatomo-structural, l'appareil urinaire est une association de 2 parties embryologiquement, histologiquement (morphologiquement) et physiologiquement distinctes:

-une partie glandulaire représentée par les 2 reins,

-une partie excrétrice comportant des voies excrétrices intra et extrarénales, auxquelles s'ajoutent la vessie et l'urètre.

Sur le plan physiologique, l'appareil urinaire est formé de 2 unités fonctionnelles: les reins et les voies urinaires excrétrices.

L'appareil urinaire assure 2 fonctions principales:

-une fonction d'épuration du sang avec production, stockage transitoire et élimination de l'urine, la fonction la plus importante (évacuation des déchets métaboliques de l'organisme sous forme liquide: l'urine), assurant par conséquent, le maintien de l'équilibre hydro-électrolytique et l'homéostasie de l'organisme, et l'élimination des déchets.

-une fonction endocrine: sécrétion d'hormones: rénine, érythropoïétine, ….

Origine embryologique

L'ébauche rénale est d'origine mésoblastique. L'ensemble du système urinaire se développe à partir du mésoblaste intermédiaire et du sinus uro-génital dès la fin de la 3ème semaine du développement embryonnaire.

*Le rein se développe en 3 étapes:

1-Le pronéphros: ébauche crâniale (rein céphalique) qui régresse rapidement et n'est pas fonctionnel.

2-Le mésonéphros: ébauche intermédiaire (rein moyen), transitoirement fonctionnel chez l'embryon, qui régresse à la fin de la 8ème semaine.

3- Le métanéphros : ébauche caudale (ébauche du rein définitif): " qui dérive de 2 ébauches: le bourgeon métanéphrogène et le bourgeon urétéral qui donneront le rein permanent.

-Le bourgeon métanéphrogène est à l'origine des néphrons.

-Le bourgeon urétéral est à l'origine du reste des voies urinaires hautes (tubes collecteurs, calices, bassinet et uretères).

*Le sinus uro-génital primitif est à l'origine des voies urinaires basses: la vessie et l'urètre.

Les reins

Les reins sont des organes pleins; ils occupent la région lombaire et se situent de part et d'autre de la colonne vertébrale.

Le rein droit est en général plus bas que le gauche car le foie occupe un grand espace à droite. Ils sont entourés de tissu adipeux; dans cette masse adipeuse, on trouve au-dessus de chaque rein une glande surrénale.

Chaque rein fait 10 à 12 cm de long, 5 à 6 cm de large; un poids de 300 à500 g.

La partie concave de chaque rein constitue le hile rénale; c'est un pôle à la fois vasculaire (lieu d'arrivée et de départ des vaisseaux rénaux) et excrétoire de l'urine (point de départ de la première voie excrétrice urinaire extra-rénale).

A-Structure du rein (Organisation du parenchyme rénal)

L'observation en MO d'une coupe sagittale du rein permet d'identifier, en plus de la capsule d'enveloppe fibreuse, résistante, entourée de tissu adipeux, le parenchyme rénal qui contient des structures tubulaires correspondant aux unités morphologiques et fonctionnelles du rein "les néphrons", des canaux collecteurs et des vaisseaux sanguins, délimitant ainsi 2 parties distinctes:

-La région ou substance médullaire

- La région ou substance corticale.

1-La substance médullaire

La région médullaire est située profondément, c'est une zone claire, discontinue, correspondant aux segments droits des néphrons et aux tubes collecteurs; elle se présente sous forme de cônes (pyramides):

-Les pyramides de Malpighi

-Les pyramides de Ferrein

1)Les pyramides de Malpighi: Leur nombre est variable, il est compris entre 8 et 18, elles sont séparées par des expansions de tissu cortical: "les colonnes rénales".

Chaque pyramide de Malpighi présente un sommet arrondi, orienté vers le hile rénal qui débouche dans la papille rénale; ce sommet est criblé par les orifices des canaux papillaires faisant saillie dans la cavité du calice, et une base orientée vers la convexité du rein (du côté de la capsule).

N.KHENDEK

2)Les pyramides de Ferrein: La base des pyramides de Malpighi est hérissée de nombreuses petites pyramides effilées, pointant vers la périphérie, d'orientation inversée: "les pyramides de Ferrein", au nombre de 400 à 500 par pyramide de Malpighi; elles s'insinuent dans le cortex; elles sont également dites: "irradiations ou rayons médullaires".

2-La substance corticale

La zone corticale ou cortex correspond au reste du parenchyme rénal, c'est-à-dire aux segments contournés des néphrons (y compris les corpuscules de Malpighi); c'est la zone située en périphérie, sous la capsule et entre les pyramides de Malpighi. C'est une zone foncée, d'aspect granuleux, ce qui la rend facilement identifiable sur coupe.
Elle est divisée en 3 zones distinctes:

1)Le cortex corticis: région sous- jacente à la capsule, peu épaisse, renfermant des veinules, dites: "veinules étoilées de Verheyen" (à l'origine du système veineux de la corticale rénale).

2)Le labyrinthe: partie située sous le cortex corticis**,** correspondant à la substance corticale entourant les pyramides de Ferrein**;** à son niveau cheminent les artères et les veines interlobulaires.

3)Les colonnes de Bertin ou colonnes rénales: correspondant au prolongement de la substance corticale entre les pyramides de Malpighi qu'elles séparent; à leur niveau, cheminent les artères et les veines interlobaires.

Remarques:

-Le lobe rénal correspond à la portion parenchymateuse centrée sur une pyramide de Malpighi. Il comprend une pyramide de Malpighi, les pyramides de Ferrein associées, ainsi que le cortex rénal avoisinant.

-Le lobule rénal est la portion parenchymateuse centrée sur une pyramide de Ferrein et le cortex avoisinant.

B-La vascularisation rénale

-Le sang artériel arrive au rein par l'artère rénale, branche de l'aorte abdominale. C'est une artère volumineuse ; c'est à la fois, l'artère nourricière et l'artère fonctionnelle du rein; elle traverse le hile, se divise en branches qui se distribuent entre les pyramides de Malpighi, il s'agit des artères interlobaires qui cheminent dans les colonnes de Bertin jusqu'à la base des pyramides où elles se divisent latéralement en plusieurs artères dites: "artères arquées ou arciformes" qui circulent parallèlement à la capsule et donnent naissance aux artères interlobulaires qui cheminent verticalement dans la corticale entre les pyramides de Ferrein, elles sont à l'origine "des artérioles glomérulaires afférentes" lesquelles vont former les réseaux capillaires glomérulaires d'où émergent "les artérioles efférentes". Il s'agit d'une microstructure artério-artérielle spécifique au rein: "le système porte artério-artériel" représenté par "le corpuscule de Malpighi" responsable de ce qu'on appelle: "la microcirculation artérielle rénale"; c'est le 1er réseau capillaire immédiatement en aval de l'artériole afférente, c'est à ce niveau que s'effectue la filtration du sang pour aboutir à la formation de l'urine primitive.
Le 2ème réseau artériel fait suite à l'artériole efférente, qui se divise en un système capillaire qui entoure et vascularise les tubules des néphrons, formant un réseau capillaire "péritubulaire".
-Le drainage veineux est assuré par les veinules interlobulaires, puis les veines interlobaires qui convergent vers les veines rénales du hile qui se jettent dans la veine cave inférieure.
-Le volume sanguin total circule près de 300 fois par jour dans les reins.

C-Les fonctions du rein

-Le rein filtre le sang, le débarrasse de ses déchets, qu'ils soient endogènes (déchets métaboliques: urée, créatinine, bilirubine) ou exogènes (médicaments: antibiotiques, toxines). Cette filtration a lieu dans les glomérules; elle donne l'urine initiale qui sera composée d'eau, d'électrolytes et d'autres molécules.
L'artère rénale venue de l'aorte arrive au rein avec un sang non filtré qui circule dans le rein et sort filtré par la veine rénale , puis la veine cave inférieure; ainsi, le rein joue un rôle essentiel dans l'épuration de l'organisme.
-Le rein régule l'homéostasie du milieu intérieur: il maintient l'équilibre hydro-électrolytique et acido-basique de l'organisme (contrôle les concentrations d'électrolytes telles que le sodium, le calcium, le potassium, le chlore mais surtout de l'eau).
-Le rein remplit également des fonctions endocrines essentielles au bon fonctionnement de l'organisme en synthétisant des hormones comme la rénine (régulation de la tension artérielle), l'érythropoïétine, les prostaglandines, etc.

Le néphron

Le néphron est l'unité histologique et fonctionnelle du rein. Chaque rein comporte plus d'1 million de néphrons.
Chaque néphron est constitué de plusieurs segments successifs:

1-Le corpuscule de Malpighi ou corpuscule rénal

2-Le système tubulaire formé de plusieurs segments:

- **-**un tube proximal
- **-**un tube intermédiaire
- **-**un tube distal.

A-Le corpuscule de Malpighi

Le corpuscule de Malpighi est le siège de la filtration initiale du sang qui arrive par l'artériole afférente et de la production d'une urine primitive (initiale). C'est une structure plus ou moins sphérique de 200 à 300 µm de diamètre, localisée dans le labyrinthe et les colonnes de Bertin.

Examiné en MO, le corpuscule de Malpighi présente:

***Deux pôles**: un pôle vasculaire et un pôle urinaire.

1-Le pôle vasculaire: c'est le point d'arrivée et de départ des vaisseaux glomérulaires (lieu d'arrivée de l'artériole afférente qui se divise en 4 à 6 branches donnant naissance aux capillaires glomérulaires, et de sortie de l'artériole efférente).

2-Le pôle urinaire: c'est le lieu d'émergence du 1er tube contourné du néphron qui conduit l'urine primitive**.**

- Entre ces 2 pôles, se situe la barrière de filtration.

***Deux constituants:** une capsule: "la capsule de Bowman" et "le glomérule ou peloton vasculaire".

1-La capsule de Bowman:

Elle enveloppe le glomérule vasculaire, elle comporte 2 feuillets, l'un interne: "le feuillet viscéral", l'autre externe: "le feuillet pariétal", séparés par un espace: "la chambre glomérulaire ou chambre urinaire".

-Le feuillet viscéral recouvre les capillaires, il est dit: "épithélium glomérulaire", il est constitué de cellules volumineuses**:** "les podocytes", cellules hautement spécialisées avec un cytoplasme riche en organites qui émettent des prolongements cytoplasmiques ramifiés(les pédicelles) entourant les capillaires(structure importante du filtre glomérulaire).

Les extrémités des pédicelles sont reliées entre elles par des diaphragmes formant "des fentes de filtration", obturées par "une lame basale de filtration" laissant passer l'ultrafiltrat plasmatique vers la chambre urinaire.

-Le feuillet pariétal (capsule proprement dite) ou "épithélium capsulaire" formé de cellules endothéliformes, aplaties, pauvres en organites, en continuité avec l'épithélium du tube contourné proximal.

-La chambre urinaire située entre les 2 feuillets, recueille l'urine initiale et se prolonge par le tube proximal.

2-Le glomérule vasculaire

Le glomérule ou peloton ou corpuscule vasculaire est un véritable système porte artériel formé d'anses capillaires : "les capillaires glomérulaires ou flocule ou floculus". L'artériole afférente entre par le hile glomérulaire (pôle vasculaire), se divise en plusieurs branches soutenues par un tissu interstitiel: "le mésangium de Zimmermann" formé "de cellules mésangiales" correspondant à des fibroblastes particuliers dotés de propriétés macrophagiques et contractiles qui participent au contrôle du flux sanguin intra-glomérulaire et donc de la filtration.

Ces capillaires convergent pour donner "l'artériole efférente" qui ressort au voisinage de l'artériole afférente.

NB: La barrière de filtration correspond à la membrane basale péri-capillaire qui s'intercale entre l'endothélium capillaire et l'épithélium glomérulaire ; elle est fenêtrée avec de nombreux pores.

B-Le système tubulaire

Le système tubulaire cortical et médullaire est responsable du contrôle de la concentration et de la composition, à la fois, du sang retournant à la circulation générale et de l'urine définitive (intervenant dans la réabsorption du liquide tubaire : eau, sodium, potassium, chlore, etc…, à des taux et avec des mécanismes variables selon le segment considéré).

Les cellules épithéliales des tubes rénaux portent le nom de "néphrocytes".

***Le système tubulaire est formé de plusieurs segments successifs:**

1-Le tube contourné proximal (TCP) ou 1er tube contourné

L'urine primitive est évacuée par le pôle urinaire du glomérule vers le tube contourné proximal.

C'est le segment le plus long (12 à15mm) et le plus large (50 à 60µm), il forme l'essentiel du cortex rénal.

Sa portion initiale est très contournée.

+Examiné en MO, le TCP présente un épithélium simple, formé de cellules cubiques hautes, ciliées avec un cytoplasme riche en organites comportant de nombreuses mitochondries allongées, localisées surtout au pôle basal.

+Examinées en ME, les néphrocytes du TCP présentent 2 caractéristiques structurales:

-"une bordure en brosse au pôle apical", formée de longues microvillosités plus ou moins régulières et serrées permettant d'augmenter la surface d'échange , donc la réabsorption.

-"des striations au niveau du pôle basal" correspondant à de profondes inter-digitations dans lesquelles logent de nombreuses mitochondries allongées en bâtonnets qui ont reçu le nom de "bâtonnets de Heidenhain".

L'aspect granulaire du cytoplasme des néphrocytes du TCP , est dû à son abondance en mitochondries.

***Le TCP est le "segment à bâtonnets et à brosse" du néphron.**

***A son extrémité, le tube proximal est droit ; il est dit : "tube droit proximal" (TDP) ou "tube de Schachowa" ; cette portion droite a la même structure que celle du TCP.**

2-L'anse de Henlé

L'anse de Henlé présente 2 branches (en forme de U), localisées toutes les 2 dans la médullaire:

-l'une grêle(fine), descendante,

- l'autre épaisse(large), ascendante.

a-La branche grêle
Examinée en MO, offre l'aspect d'un capillaire sanguin avec une lumière large et une paroi mince comportant 2 à 3 cellules aplaties, endothéliformes, entourées d'une membrane basale.
*La partie grêle de l'anse de Henlé correspond "au segment sans bordure en brosse et sans bâtonnets" du néphron.
b-La branche épaisse
Elle a un aspect identique à celui du TCD, sauf que son diamètre est réduit. On la reconnait simplement à son faible diamètre (20 à 30 µm pour la branche épaisse et 40 à50 µm pour le tube distal).
3-Le tube contourné distal (TCD) ou 2ème tube contourné
Le TCD présente 2 portions: une portion rectiligne dans la médullaire et une portion contournée dans la corticale.
Il est plus court et moins contourné que le TCP, il est également de diamètre inférieur (40 à 50 µm).
Il est constitué de néphrocytes cubiques avec de très rares et courtes microvillosités au pôle apical (sans bordure en brosse); par contre, les mitochondries sont présentes au niveau du pôle basal, mais moins nombreuses par rapport au TCP.
*Le TCD est "le segment à bâtonnets, sans bordure en brosse" du néphron.
*La partie terminale du TCD qui transporte l'urine aux tubes collecteurs, est dite "canal d'union".
*Au niveau du pôle vasculaire et plus particulièrement du côté de l'artériole afférente, le TCD présente une différenciation pariétale : "la macula densa".
Les tubes collecteurs
Les tubes collecteurs "tubes de Bellini" se situent complètement dans la substance médullaire, ils descendent jusqu'aux sommets des pyramides de Malpighi où ils convergent pour former de gros canaux: "les canaux papillaires" qui s'ouvrent dans la papille, formant une sorte de tamis au niveau du calice. Leur diamètre augmente au cours de leur trajet.
L'épithélium des tubes collecteurs est constitué de 2 types de cellules :
-des cellules claires, les plus nombreuses, pauvres en organites.
-des cellules intercalaires (cellules alpha), sombres, moins nombreuses, reconnaissables en ME; elles présentent au niveau de leur pôle apical des microvillosités et au niveau du pôle basal des mitochondries.
Les tubes collecteurs interviennent dans la concentration finale de l'urine.

L'appareil juxta-glomérulaire
"L'appareil ou le complexe juxta- glomérulaire de "Goormaghtigh" est une portion particulière du néphron, il est situé près du corpuscule de Malpighi (du côté de son pôle vasculaire); c'est un micro-organe endocrine formé de 3 éléments:
1-L'artériole glomérulaire afférente qui présente des modifications de sa structure pariétale:
-Sa limitante élastique interne a disparu,
-Les cellules musculaires lisses de la média se sont transformées en cellules "myo- épithélioïdes" renfermant des myofibrilles et de nombreux grains de sécrétion denses, d'où le nom de cellules "granuleuses" élaborant "la rénine".
Les cellules granuleuses sont "des barorécepteurs", c'est-à-dire qu'elles sont sensibles à la pression sanguine.
2-Le lacis cellulo-conjonctif formée de cellules équipées de capteurs qui contrôlent le débit; elles remplissent le triangle formé par les artérioles afférente et efférente et le TCD au niveau du pôle vasculaire; en continuité avec les cellules mésangiales, elles ont les mêmes propriétés contractiles et macrophagiques d'où leur nom: " de cellules mésangiales extra-glomérulaires" qui produiraient, selon certains auteurs, de l'érythropoïétine qui stimule la production des globules rouges dans la moelle osseuse.
3-La macula densa est une différenciation pariétale du tube contourné distal contrôlant la production de rénine; à son niveau, les cellules épithéliales différenciées du tube distal sont plus hautes avec des noyaux concentrés; elles joueraient un rôle de chémorécepteurs (sensibles surtout à la concentration en ions sodium contenus dans le liquide du TCD).
La macula densa intervient dans la sécrétion "d'aldostérone".
Histophysiologie:
Sur le plan physiologique, l'appareil juxta- glomérulaire est un ensemble de structures impliqué dans:
-la régulation de la pression sanguine artérielle, via la synthèse de la rénine.
-la régulation locale du débit sanguin glomérulaire.
-la réception des informations osmotiques et des variations du volume sanguin.

Les voies urinaires
Les voies de conduction de l'urine commencent dans le hile du rein par les petits calices qui se regroupent en grands calices, puis fusionnent dans le bassinet et se prolongent par l'uretère. Les 2 uretères conduisent l'urine dans la vessie (réservoir); elle est ensuite évacuée vers l'extérieur via un urètre unique.
La production d'urine est d'environ 1,5 litres/24 heures. Elle contient principalement de l'eau, de l'urée, de l'acide urique, de l'ammoniaque, des électrolytes et éventuellement des substances toxiques exogènes.
L'urine ne contient normalement pas de protéines, ni de glucides ou de lipides. Leur présence est un indice d'une pathologie.

A-Structure générale

Les voies urinaires sont des structures creuses, intérieurement bordées par un épithélium spécifique: "l'urothélium" dit: "épithélium polymorphe ou transitionnel" (car il change d'aspect selon que les conduits sont vides ou pleins); il est pluristratifié, capable de subir de grandes distensions et de supporter la toxicité de l'urine. Ses cellules ont la capacité de s'étirer et de glisser les unes sur les autres.

La paroi des voies urinaires présente une structure de base commune, à savoir:

1)une muqueuse, avec:

-un épithélium pavimenteux pluristratifié dont les cellules superficielles sont aplaties et souvent binucléées, pourvues d'une différenciation apicale "la cuticule", imperméable à l'urine,

-un chorion conjonctivo-vasculaire, aglandulaire, riche en fibres élastiques formant des plis longitudinaux.

2)une musculeuse: lisse, disposée généralement en 2 couches: l'une interne longitudinale et l'autre externe circulaire.

3)une adventice: fibro-élastique, pouvant être revêtue du feuillet viscéral de la séreuse péritonéale.

B-Les différenciations structurales

La texture pariétale des voies urinaires examinée en MO, varie en fonction du segment considéré:

1-L'uretère

C'est un tube musculaire long (25 à 30 cm) et étroit qui conduit l'urine du rein à la vessie.

Sa paroi est composée des 3 couches habituelles: une muqueuse, une musculeuse et une adventice.

1)La muqueuse est formée d'un urothélium qui repose sur un chorion conjonctivo-élastique; elle est plissée à l'état vacant, formant une lumière étoilée en coupe, et se dilate lors du passage de l'urine.

2)La musculeuse est formée de 2 couches de fibres musculaires lisses(une couche longitudinale interne et une couche circulaire externe) dans la partie haute de l'uretère comme dans les bassinets.

-Dans le 1/3 inférieur de l'uretère, il y a une 3ème couche musculaire longitudinale externe.

3)L'adventice est formée d'un tissu conjonctif lâche contenant des vaisseaux sanguins, des nerfs et de nombreuses fibres élastiques.

2-La vessie

La vessie sert à la fois à stocker l'urine entre les mictions, mais à l'évacuer en pression au cours de la miction qui demeure sous contrôle volontaire.

La structure de la vessie est d'une manière générale, identique au 1/3 inférieur de l'uretère.

-Lorsque la vessie est vide, l'épithélium contient des cellules particulières dites: "cellules en raquettes".

-La musculeuse est très développée, elle est "pléxiforme".

-Son adventice est riche en adipocytes; elle se transforme en séreuse au contact du péritoine.

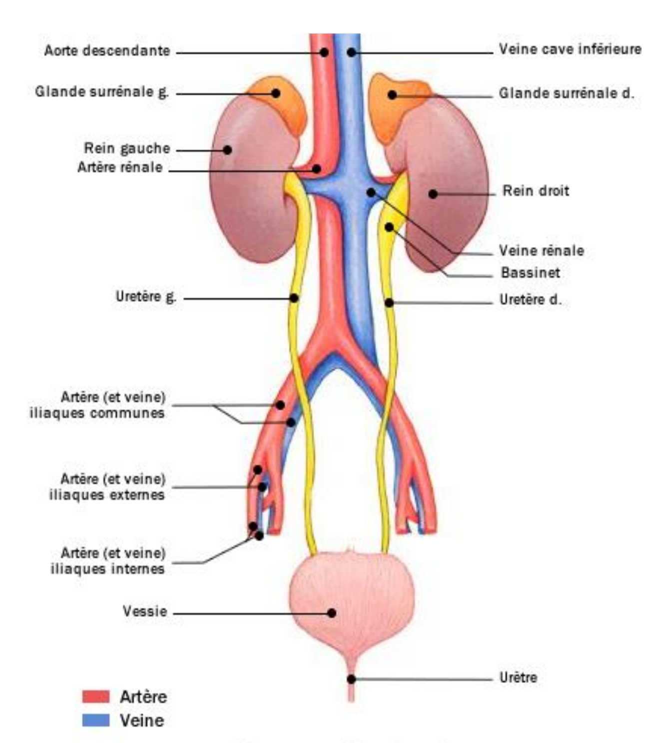
3-L'urètre

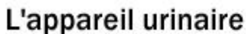
L'urètre est le canal excréteur terminal qui conduit l'urine de la vessie vers l'extérieur.

1)L'urètre masculin: long de 20 à 25 cm, c'est également le conduit final de l'appareil génital. Il se divise en 3 zones: l'urètre prostatique, l'urètre membraneux et l'urètre spongieux.

2)L'urètre féminin est particulièrement court, il mesure 4 à 5 cm, sa paroi est caractérisée par un épithélium stratifié et un chorion avec des formations glandulaires sous forme de diverticules épithéliaux: "les lacunes de Morgagni".

La musculeuse présente des fibres musculaires lisses annulaires formant "le sphincter lisse" doublé extérieurement par "le sphincter strié".

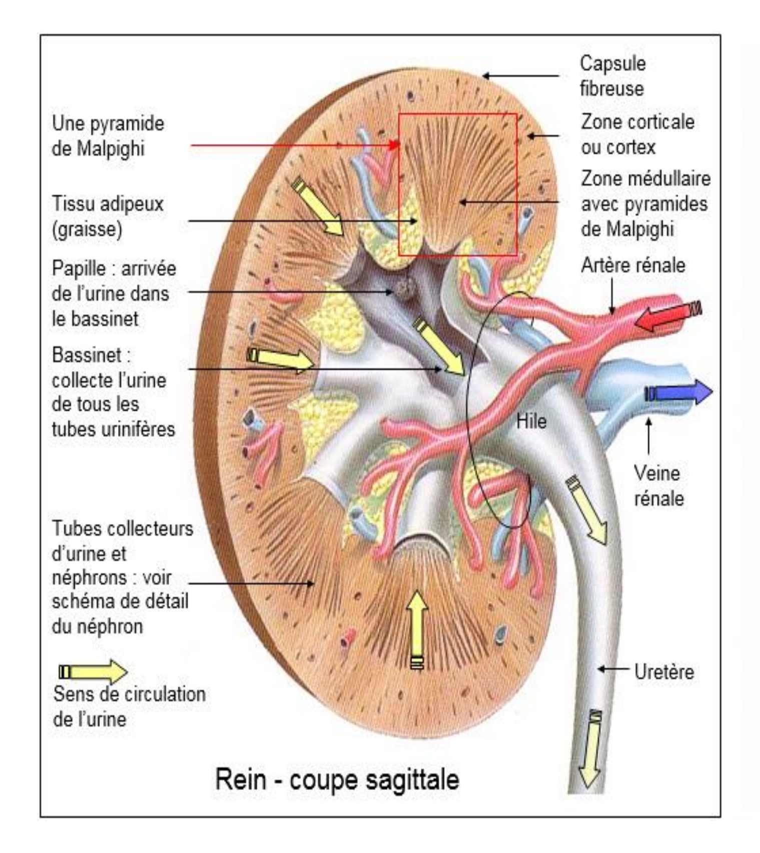


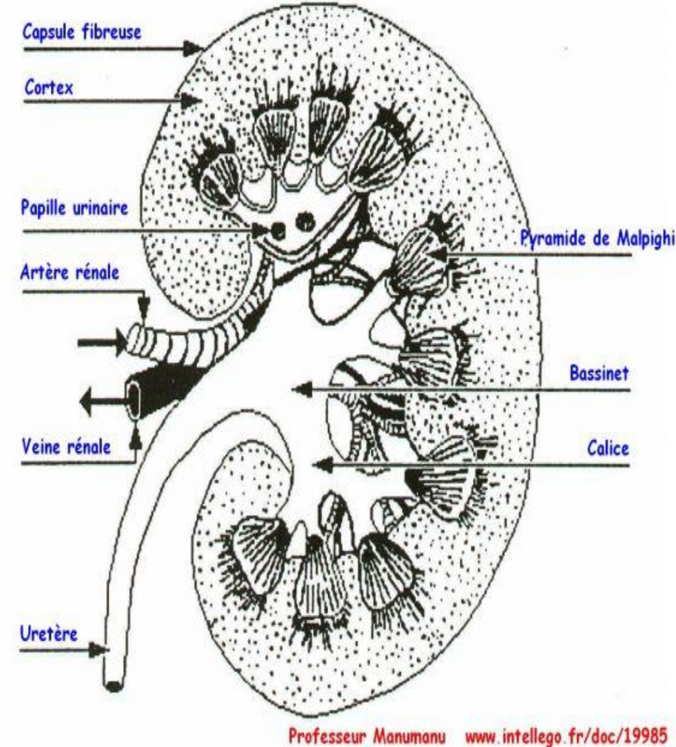


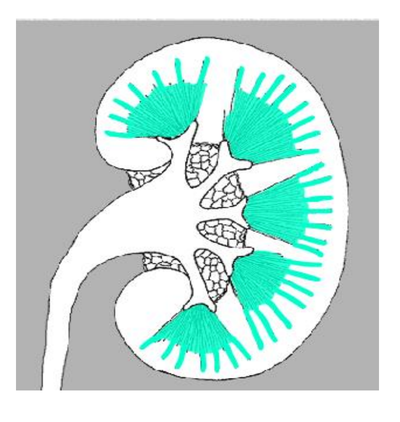
pronephros

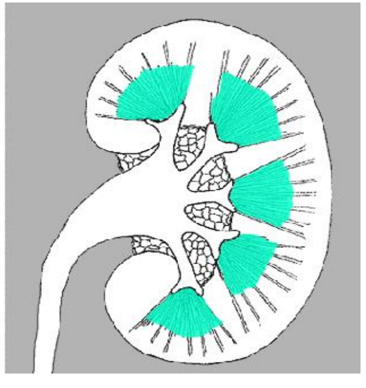
mesonephros

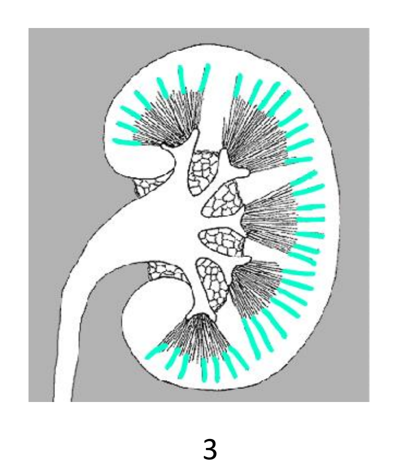
metanephros





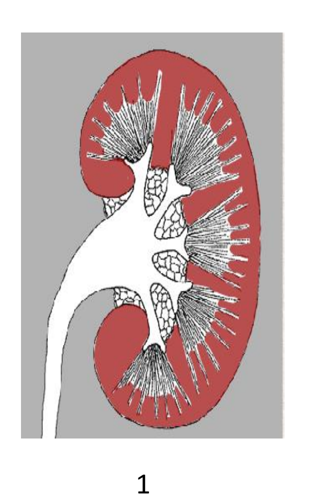


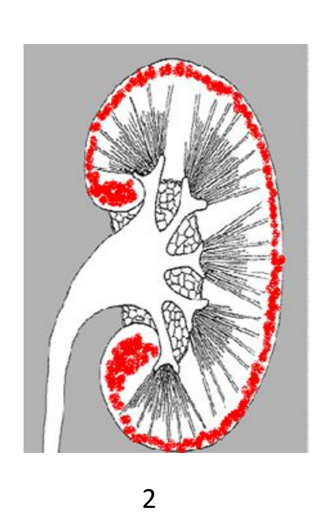


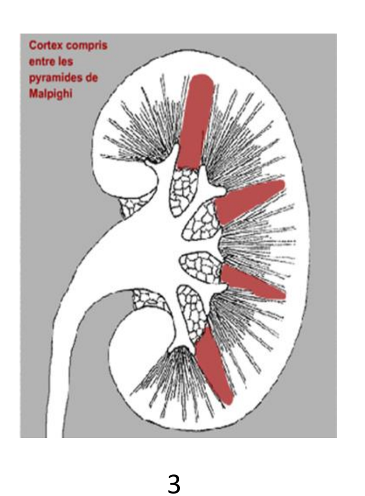


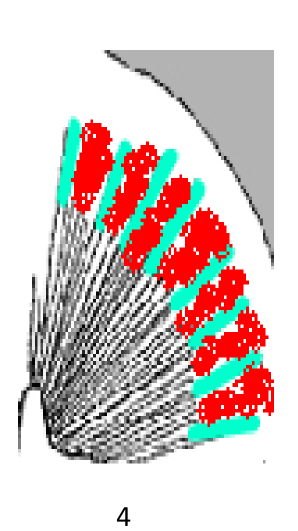
1 2 3

1: substance médullaire
2: pyramides de Malpighi
3: pyramides de Ferrein ou irradiations médullaires



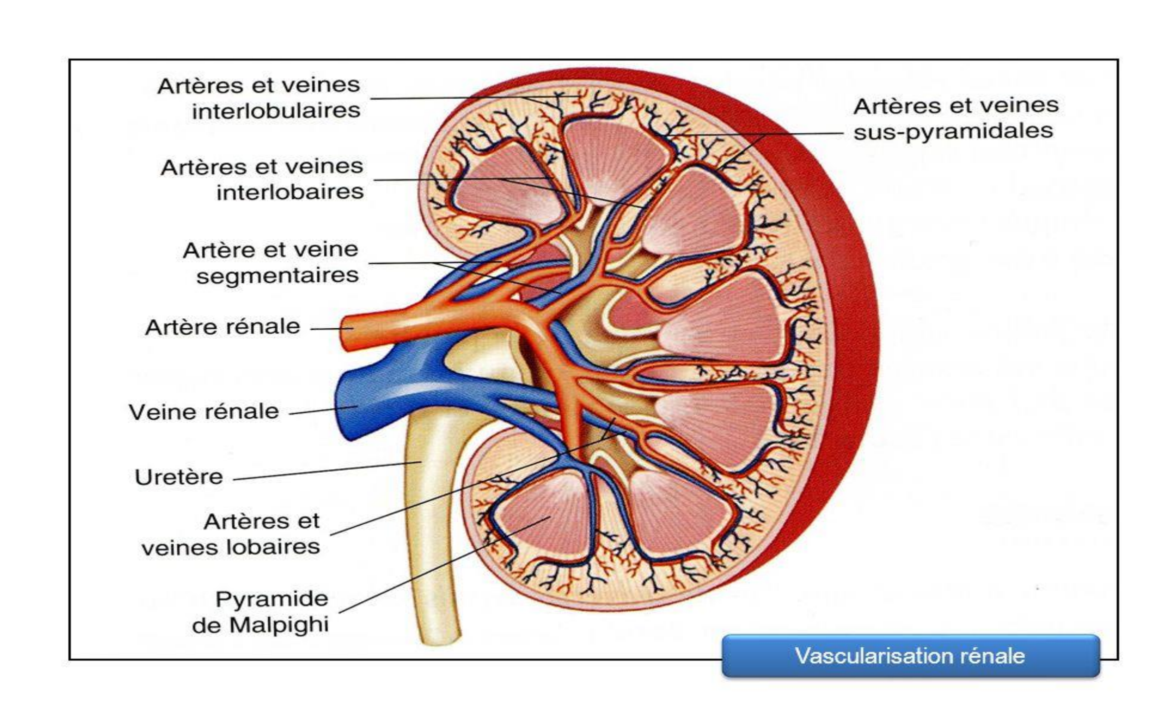


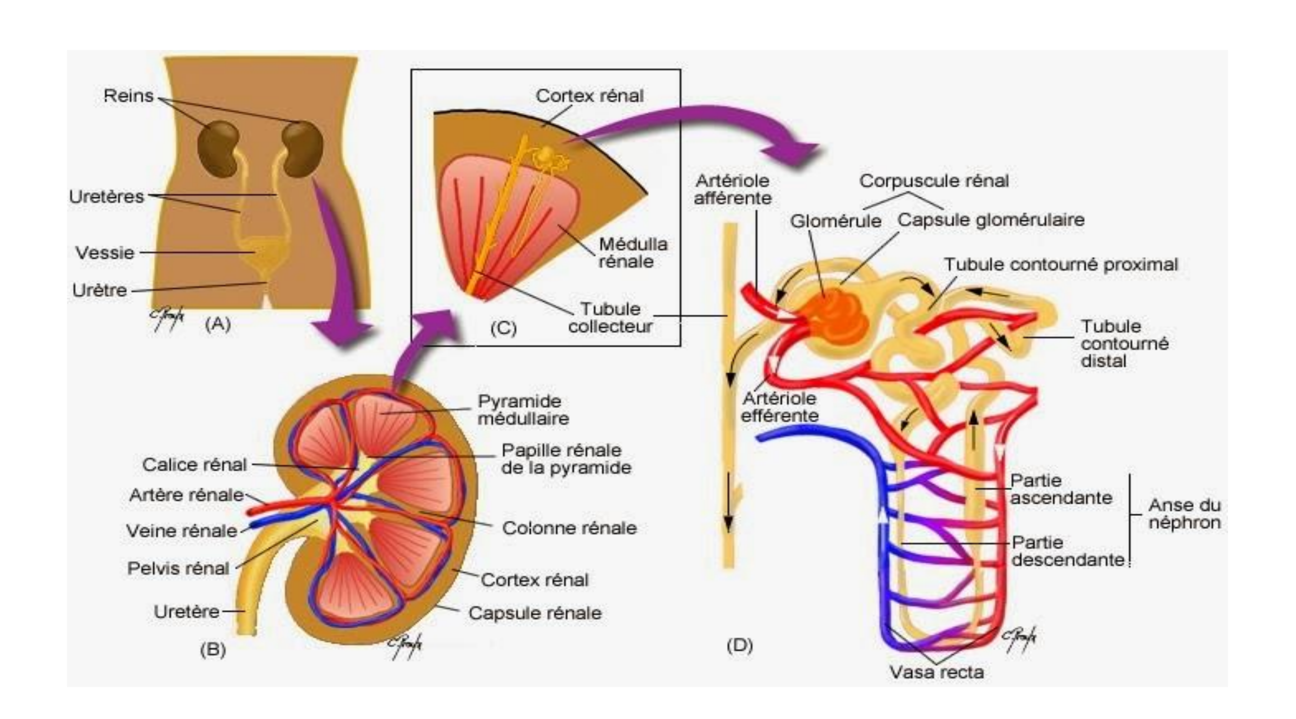


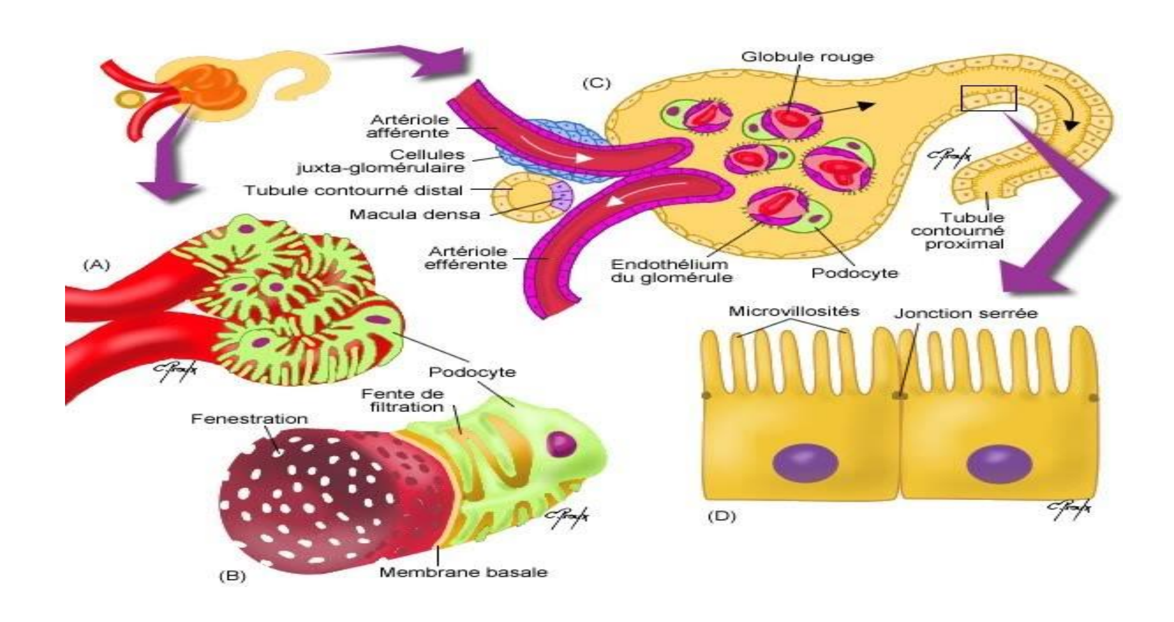


1 2 3 4

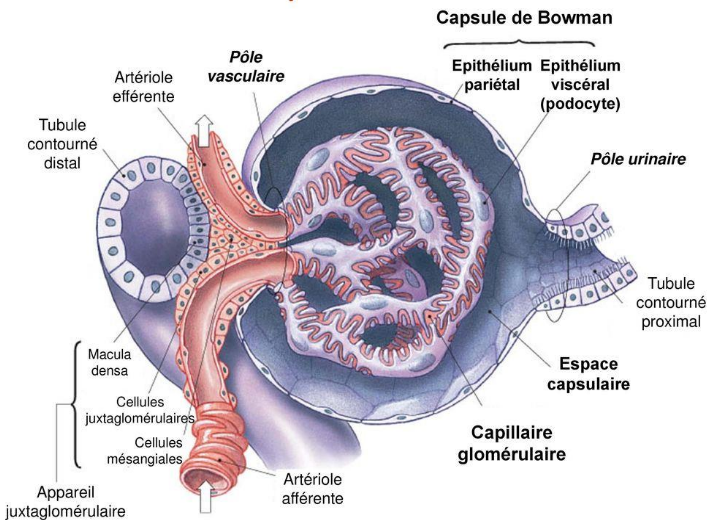
1: substance corticale
2: cortex corticis
3: colonnes de Berlin ou colonnes rénales
4: labyrinthe

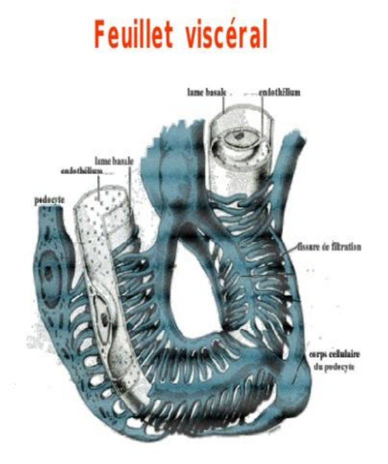


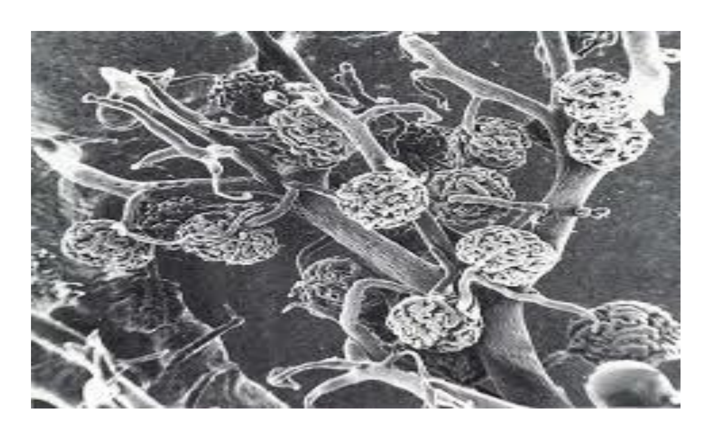


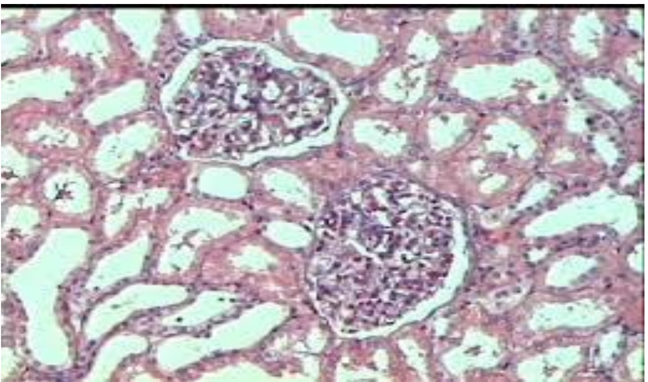


Le corpuscule rénal

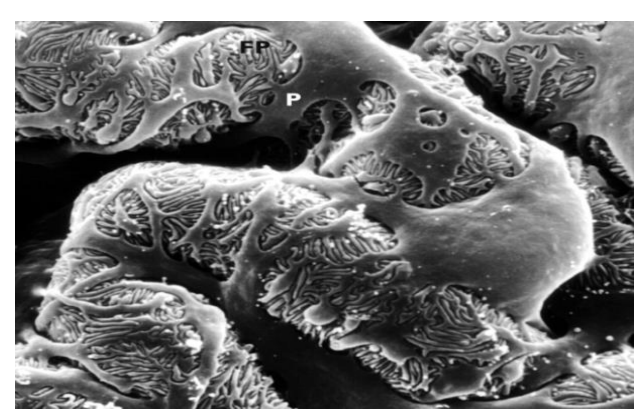












Feuillet pariétal de la capsule glomérulaire

Tubule contourné distal

Feuillet viscéral de la capsule glomérulaire

Microvillosités

Mitochondries

Endothélium fenestré du glomérule

Cortex rénal

Tubule contourné proximal

Membrane plasmique fortement invaginée

Cellules du tubule contourné proximal

Vaisseaux sanguins

Médulla rénale

Cellules du tubule contourné distal

Anse du néphron:

- Partie ascendante de l'anse
- Partie descendante de l'anse

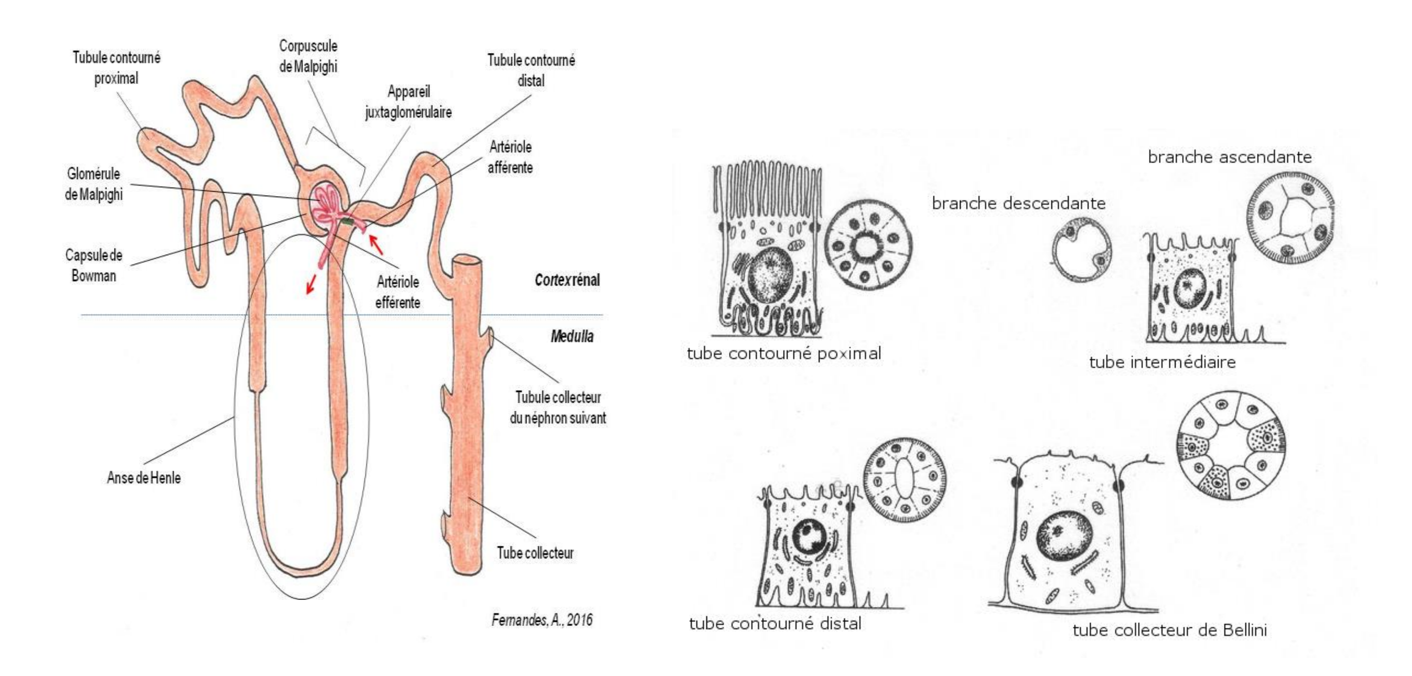
Cellules de l'anse du néphron (segment grêle)

Tubule rénal collecteur

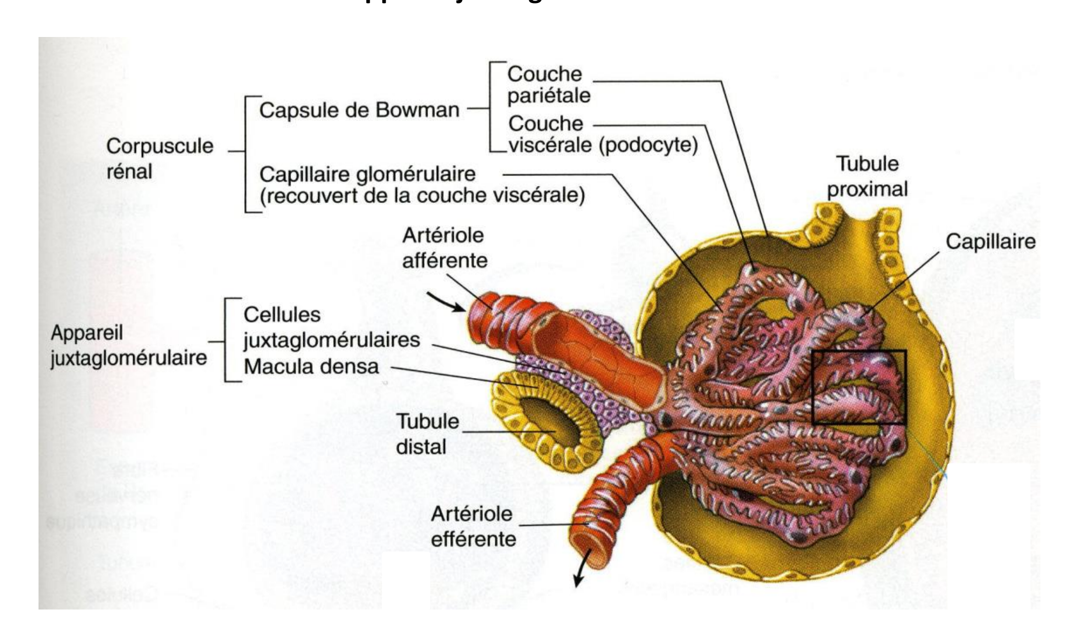
Segment large

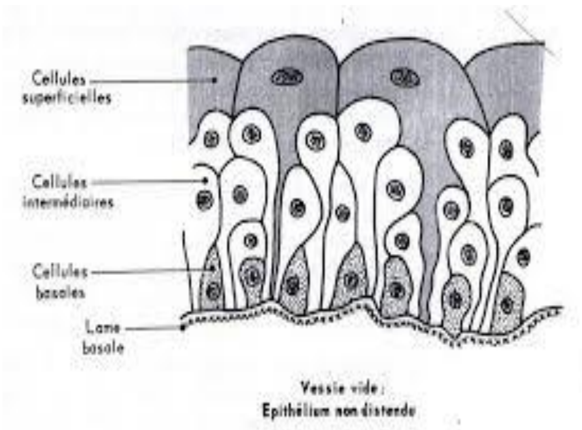
Segment grêle

Cellules du tubule rénal collecteur

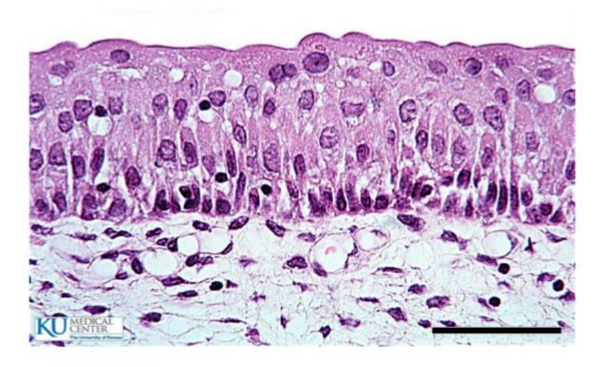


L'appareil juxtaglomérulaire





La paroi Vesicale



N.KHENDEK